

혼합된 정공 수송 층을 이용한 유기발광소자의 효율 및 수명 개선

서지현, 박정현, 김준호*, 김영관

홍익대학교 정보디스플레이학과, *홍익대학교 전자공학과

Improved Efficiency and Lifetime for Organic Light-Emitting Devices Based on Mixed-Hole Transporting Layer

Ji-hyun Seo, Jung-hyun Park, Jun-ho Kim*, Young-kwan Kim

Dept. of Information display, Hong-ik Univ.

*Dept. of Electronic Eng., Hong-ik Univ.

Abstract : Organic light-emitting devices (OLEDs) with the high efficiency and long lifetime are of growing interest in next-generation displays. Among the factors influencing OLEDs properties, one of unstable factor is Alq₃ cationic species caused by the excess holes resided in Alq₃ layer. Therefore, we suppressed the accumulation of excess holes by using the mixed-hole transporting layer (MHTL) of NPB and CBP in multilayer green OLEDs. The devices with MHTL showed improved characteristics in the luminance efficiency and lifetime. More characteristics and the carrier transport mechanism will be discussed.

Key Words : organic light-emitting device, mixed-hole transporting layer

1. 서론

최근 디스플레이 연구는 이동통신을 중심으로 하는 현대 정보사회의 경향에 따라 고품질, 경량화, 소형화, 저전력 소모, 넓은 시야각, 빠른 응답특성 등을 요구한다. 현재까지 이러한 조건을 만족 시켜주는 디스플레이로 유기발광소자 (OLED : Organic Light-Emitting Device)가 제시되었고, 이는 1987년 C. W. Tang에 의해 Alq₃라는 형광 물질을 이용한 녹색 발광 OLED를 발표한 이후 급속한 발전을 하였다[1][2]. 그러나 아직도 기존의 디스플레이 장치에 비해 수명과 신뢰성을 확보하는데 부족하므로 소자의 물리적, 화학적 및 전자적 성질을 규명하여 고효율 및 장시간 유기발광 소자의 제작은 대단히 중요하다.

OLED의 발광은 캐리어의 주입에 의해 이루어지며, 양극에서 캐리어의 효율적인 주입은 OLED의 효율 향상에 중요한 역할을 한다. 정공과 전자의 이동도가 다르기 때문에 유기물 내의 다수의 캐리어는 정공이 되게 되고, 다수의 정공은 quencher로 작용하기 때문에 정공과 전자의 균형을 맞추어 주는 것이 중요하다. 본 논문에서는 효율적인 OLED의 특성을 얻기 위하여 다양한 비율로 혼합된 정공 수송 층을 사용하였고, 전기적 특성을 살펴보았다.

2. 실험

소자 제작에 앞서, 하부전극인 ITO (Indium-Tin-Oxide, 30 Ω/□)를 아세톤, 메탄올, 증류수에 각 15분씩 세척하여 불순물을 제거한 후 이소프로필 알콜에 보관하였다[3]. 소자의 제작은 진공 증착 법에 의해 5X10⁷ Torr 이하의 진공에서 유기물질과 금속을 증착하였고, 기본적인 소자의 구조는 ITO/HTL(50 nm)/Alq₃(60 nm)/Liq(2 nm)/Al로 하였다. Alq₃는 전자 수송 층 및 발광 층으로 사용되었고 Liq는 전자 주입 층으로 사용되었다. 정공 수송 층(HTL)

은 NPB를 사용하였으나, 일부분에 6.3 eV의 높은 HOMO 값을 갖는 CBP를 발광층에 인접하여 15 nm 영역에 다양한 비율로 혼합함으로써 혼합된 정공 수송 층(Mixed-HTL)을 구성하였고, 그에 따른 소자의 전기적 특성을 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 실험에서 사용한 유기물들의 에너지 준위이다. 그림에서 보이듯이 HTL 일부분에 도핑된 CBP의 HOMO 값이 커서 정공의 주입이 억제 될 것이라고 예측할 수 있었다.

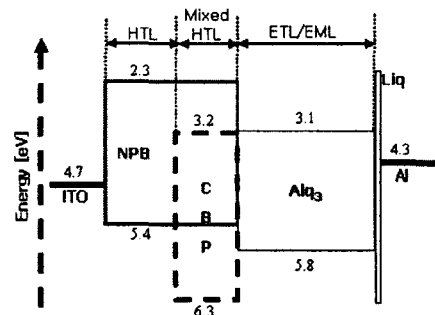


그림 1. ITO/HTL/Alq₃/Liq/Al에 따른 에너지 준위도.

그림 2는 소자의 전압-전류의 특성을 나타내었다. 앞서 예상한 바와 같이 혼합된 정공 수송 층(Mixed HTL)의 CBP 양이 상대적으로 증가함에 따라 전압에 따른 전류밀도가 감소하는 것을 나타내었다. 이때 순수한 NPB와 순수한 CBP만을 사용한 소자는 14 V의 전압에서 약 435 mA/cm²의 전류밀도 차이를 보였다. 이는 발광 층으로의 정공 이동을 억제하는 CBP의 큰 HOMO 값에 기인한 것

으로서, 적정량의 CBP를 NPB에 혼합하는 것이 정공과 전자의 이동도 균형 및 발광 층에서의 높은 재결합 확률을 얻을 수 있는 방법으로 고려되어졌다.

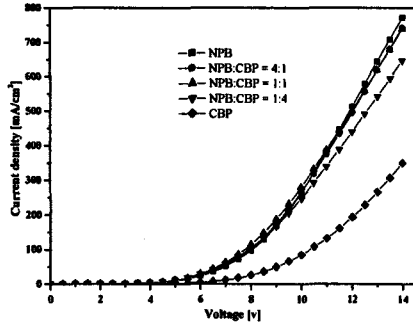


그림 2. Mixed-HTL 구성에 따른 소자의 V-J 곡선 변화.

그림 3은 전류밀도에 따른 발광 효율을 나타내었다. 삽입된 그림은 각각의 소자의 EL 스펙트럼을 나타내었다. 각 소자의 효율은 CBP의 양이 증가함에 따라 효율도 증가하는 경향을 보였다. 최고 효율은 NPB와 CBP의 혼합 비율이 1:4일 때와 순수한 CBP만을 사용하였을 때 각각 5.19 cd/A(167 mA/cm²), 5.06 cd/A(5.06 mA/cm²)를 나타내었다. 그러나 이들은 전류밀도가 증가함에 따라 각각 약 8.12 %, 13.07 %의 효율 감소를 보였고 이에 반해 혼합비율이 1:1일 때의 효율은 약 5.97 %의 감소를 보이며 4.17 cd/A의 높은 효율을 나타내었다. 이러한 정공 수송 층의 구성에 따른 효율변화와 상관없이, 5개 소자의 EL 스펙트럼은 Alq₃의 발광 피크에 해당하는 하나의 동일한 스펙트럼을 나타내었다.

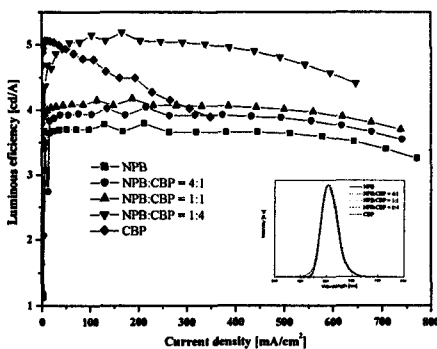


그림 3. Mixed-HTL 구성에 따른 소자의 효율 특성.
(삽입 : Mixed-HTL 구성에 따른 소자의 EL 특성.)

그림 4는 10000 cd/m²의 일정한 휘도를 기준으로 시간에 따른 광전류(photo current)의 변화를 살핀 것으로 각 소자의 수명을 비교한 것이다. 그 결과 NPB와 CBP 비율이 1:1일 때 가장 좋은 수명을 나타내었다. 이는 NPB에 CBP를 혼합함에 따라 감소된 정공 주입에 기인하여, OLED의

열화 메커니즘에 중요한 요인인 Alq₃⁺ 이온 생성이 억제되기 때문이다.

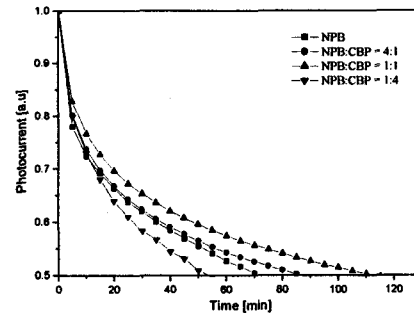


그림 4. Mixed-HTL 구성에 따른 소자의 수명 변화.

4. 결론

본 연구에서는 NPB와 CBP가 혼합된 정공 수송 층을 사용하여 녹색 발광의 소자를 제작하였다. 이에 따라 각 물질의 혼합 비율이 1:1일 때 높은 효율과 수명을 만족시키는 소자를 얻을 수 있었다. 이러한 형태를 기본으로 한 소자를 제작함으로써 풀 칼라 디스플레이의 응용에 있어 효율과 수명 향상에 바탕이 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescence diode". Appl. Phys. Lett., Vol. 51, p. 913, 1987.
- [2] X. J. Wang, J. M. Zhao, Y. C. Zhou, X. Z. Wang, S. T. Zhang, Y. Q. Zhan, Z. Xu, H. J. King, G. Y. Zhong, H. Z. Shi, Z. H. Ciong, Y. Liu, Z. J. Wang, E. G. Obbard, and X. M. King, "Enhancement of electron injection in organic light-emitting devices using an Ag/LiF cathode", J. of Appl. Phys., Vol. 95, p. 3828, 2004.
- [3] T. P. Nguyen, L. P. Rendu and N. N. Dinh, "Thermal and chemical treatment of ITO substrates for improvement of OLED performance", Synth. Met., Vol. 138, p. 229, 2003.